中華農業研究 (Jour. agric. Res. China) 32(2)：161~171 (1983)

柑橘缺硼症之診斷與防治方法之研究[1]

邱再發　張淑賢[2]

摘要：民國65年10月底獲知東勢鎮有一椪柑及柑桶園發生病態果實，果型變小、堅硬如石、剝開則絨層變硬加厚，瓣囊縮小退化而無汁，但果樹之枝葉生長仍然正常。此症狀疑似缺硼症，經採取該園之果實及其上方之春梢葉片之樣品進行分析，結果顯示葉片與果皮中硼含量均在 10 ppm 以下，遠低於 Chapman 等氏所提之正常濃度範圍 (25—150 ppm)，故推斷此一異常係缺硼所致。爲進一步證實之，並探討安全之硼素施用量與施用方法及覆草對硼素吸收之影響，並觀察施硼之殘效，乃自66年至70年間進行試驗，處理分爲（1）對照，不施硼（2）土壤施用硼酸 40 g／株（3）土壤施用硼酸 120 g ／株（4）0.3%硼酸液每年葉面噴施兩次（5）土壤施用硼酸 40 g／株+0.3%硼酸液葉面噴施（6）土壤施用硼酸 40 g／株+覆草20公分等。試驗結果摘述如下：

1.試驗果園之土壤熱水可溶性硼含量低，表土 (0—15 cm) 含 0.15 ppm，底土 (15—30 cm) 含 0.10 ppm。當乾旱之年缺硼症即發生，此時葉片及果皮中之硼濃度均在10 ppm左右。但雨量充足之年則無缺硼症發生，此時八月之春梢非結果枝葉片含硼20 ppm左右，果皮含 14 ppm。若於果實肥大期缺硼，則異常之石頭柑發生；若於春梢萌發至開花結果期缺硼，則結果量低。
2.春梢非結果枝葉片中之硼含量隨葉齡增加而增加，即老葉硼濃度高於新葉。但缺硼之柑樹，無論新葉或老葉硼含量均低。
3.在10年生、中細質地土壤之缺硼柑園，於樹冠下之土壤表面撒施 40—120 g／株硼酸，可安全矯正缺硼症，且其殘效可維持四年以上。硼酸施用之當年，葉片磷濃度隨硼酸施用量之增加而降低，兩者之負相關顯著。故於類似本試驗園條件之缺硼柑園，宜施 50 g／株之硼酸以防治缺硼，且一次施用，四年內不宜再施。惟此用量應視樹齡及土壤質地而調整。
4.每年於葉面噴施兩次0.3% 硼酸液（亦可矯正缺硼症），但葉片中硼濃度逐年增加。或因噴施液掉落於土壤而殘留之故，因此葉面噴施不宜連年施行。
5.土壤熱水可溶性硼含量亦反應土壤施硼量，所施硼酸有自表土向底土移動之趨勢。

民國65年10月底，臺中青果合作社來函告知東勢鎮林阿秋農友之椪柑及桶柑園，自64年起於果樹上發生病態果實，果型變小，堅硬如石頭，剝開則絨層變硬加厚，瓣囊退化縮小且無汁，但果樹之枝葉生長仍然正常，希望能予以診斷矯正。

上述之果實異常症狀與Chapman等氏[5]及 Shrorrocks 氏[12]，所描述之柑橘果實缺硼症狀相似，乃前往該園採取果實及葉片進行分析，發現葉片中之硼含量在 10 ppm 以下，遠低於 Chapman [5]編著書中所歸納之葉片硼素正常濃度範圍 (25—150 ppm)，因此推斷該異常係缺硼所致。爲進一步證實，乃自 66 年 1 月起於林氏之果園進行硼素施用試驗。鑑於作物對硼素之容忍範圍很窄[5,10]，不足則缺乏，施用過多則引起毒害；又據 Wilson 等氏[14]之報告，硼素施於中細質地之土壤，則多累積於表土；而乾旱之季節作物更易發生缺硼[5,7,10,11,15]。因此本試驗乃探討硼素之施用適量與施用

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第1093號。
2.臺灣省茶葉改良場場長（原本所農化系研究員）、本所農化系助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

方法及覆草保持水分等對防治缺硼之效果，並繼續觀察施硼之殘效，以期提供柑橘缺硼之診斷與安全之防治方法。

材 料 與 方 法

一、症狀之診斷：

由於病態果係局部發生，同一果樹上之果實其果型差異很大（見表二），因此65年11月自林氏之異常果園分別採取果型正常與果型異常之果實，及果實上方之春梢葉片，分析果皮及葉片中之硼含量，並與採自其他地區正常柑園之樣本相較。

二、田間試驗：

自民國66年1月始至70年1月止計四年之田間試驗，設六處理、四重複，逢機區集設計，每小區三棵樹，中間設保護樹一株。試區內多數均爲椪柑，僅少數爲桶柑，樹齡均爲10年生。供試果園位於坡地，階段種植，無灌溉設施。果園土壤屬礫石地、強酸性、熱水可溶性硼含量很低，如表1所示。

表1. 供試果園土壤之理化性質

Table 1. Soil properties of experimental orchard.

深 度 Dept (cm)	質 地 Texture	pH (soil= H_2O=1:1)	CEC meg/100g sot	Total N %	O. M. %	Avail. P ppm	Avail. K ppm	Hws B* ppm
0—15cm	C. L	4.0	17.0	0.20	2.40	100	180	0.14
15—30cm	C. L	3.9	16.7	0.18	2.10	37	140	0.08

*: Hws B: 熱水可溶性硼含量 (Hot water soluble boron)

處理內容爲：

1. 對照 (Check) ：僅施5號複肥 5 kg/tree/year
2. Soil H_3BO_3 40 g/tree：硼酸 40 g／株，撒施於樹冠下之土壤表面。
3. Soil H_3BO_3 120 g/tree：硼酸 120 g／株，施法同處理2。
4. Spray 0.3% H_3BO_3：0.3% 硼酸水溶液，每年於4月及6月各葉面噴施一次。噴施量爲每三株數 10 l (66年1月14日多噴一次，69年僅噴一次。)
5. Soil H_3BO_3 40g/tree+Spray 0.3%H_3BO_3：硼酸 40 g／株土施及0.3%液葉面噴施兩次。
6. Soil H_3BO_3 40g/tree+Mulch：硼酸 40 g／株土施及覆草20公分以保持水分。

土壤撒施硼酸之處理，均於66年1月14日施用，此後即不再施用，以繼續觀察其殘效。

三、調查及分析項目：

每隔兩個月採取春梢非結果枝第三或第四葉做爲樣本，分析大量要素及硼素含量之經時變化。每半年採取1、2及3處理之土壤測定其熱水可溶性硼含量。收穫期調查果實產量及品質。

大量要素依本研究室慣用法分析，葉片硼含量測定則以 0.5 g 樣品+25 ml 0.5 N HCl 振盪 2 hr，濾液以 Curcumine 呈色 [16]。土壤熱水可溶性硼含量測定則按 Jackson 氏 [8] 之方法。

結 果 與 討 論

一、缺硼柑園之果皮及葉片中硼含量：

由表2可見，取自異常果園果實，無論果型大小，其果皮均厚，小果型者達44%。而分析結果（見表3）亦顯示無論果型大小，異常柑園之果皮及其上葉片之硼含量均在 10 ppm 左右，正常果園則葉片平均含硼 40 ppm，果皮含 17 ppm。再與 Chapman 著書中 [5] 所歸納之標準相較，則落於硼

缺乏範圍，因此推斷此一異常係缺硼所致。

表2.：異常柑園之果實重與果皮厚度

Table 2. fruit weight and peel weight of the fruits taken from abnormal ordard.

	果　重 Fruit Weight g/one Fruit	果　皮　重 Peetweight g/one fruit (%)	
椪柑　果型正常	134.9	47.7	35.4
椪柑　果型異常	61.5	27.3	44.4
桶柑　果型正常	150.7	45.5	30.2
桶柑　果型異常	51.4	22.6	42.8

表3.正常柑園與異常柑園之葉片及果皮硼濃度比較（ppm）

Table 3. Comparison of boron concentration of leaf and fruit peel between the normal and abnormal ordard.

樣　本　號 Sample No.	正　常　果　園　（椪柑） Normal		異　常　果　園（椪柑及桶柑） abnormal	
	葉　片 Leaf	果　皮 Fruit peel	葉　片 Laef	果　皮 peel
1	31.4	16.3	11.2	9.5 （桶柑果型正常）
2	40.2	17.9	8.7	10.5 （桶柑果型正常）
3	53.5		8.7	9.5 （桶柑果型異常）
4	30.9		10.0	9.5 （桶柑果型異常）
5	35.4		11.2	9.7 （椪柑果型正常）
6	36.1		11.2	7.0 （椪柑果型異常）
Mean	40.6	17.1	10.2	9.3

二、施硼處理對果實品質與產量之影響：

民國66年底收穫時，各處理均未見小果型之石頭柑，但對照區之結果很少，產量極低，平均僅18 kg/tree；其餘各施硼處理則獲得顯著增產（見表4）。土壤施硼處理之增產效果較噴施者（處理4）為佳覆草對果實產量無影響。品質分析結果（見表6）顯示本年度之果實果皮均厚（30%），其中以對照區之果皮最厚，果汁率最低，糖、酸度則處理間無顯著差異。

民國67年至69年度，對照區之果實產量與果型均恢復正常，因此各處理間之產量與品質均無顯著差異。（如表5表6所示，限於篇幅、僅列出66及68兩年之品質分析結果）。

土壤水分影響養分之吸收與移動，當乾旱時，作物根自土壤中吸收養分之速率降低，而表土較底土易於乾燥，因此根自表土吸收養分之速率最受影響；再者，一般而言表土之硼含量高於底土，因此許多報告指出，在同一土壤，當水分充足時未見缺硼，或症狀輕微，但乾旱時則缺硼嚴重發生

表4. 施硼處理對缺硼柑園果實產量之影響（66年度）

Table 4. The effect of boron application to the fruit yields of boron deficient citrus orchard. (1977, kg/tree)

處理 Treatments \ 重覆 Replications	I	II	III	IV	平均 Mean	指數 Index
1. Check	33.9	16.0	8.7	13.9	18.1	(100)
2. Soil H_3BO_3, 40g/tree	59.1	33.8	30.6	18.0	35.4	(196)
3. Soil H_3BO_3, 120g/tree	52.1	42.2	42.6	47.2	46.1	(255)
4. Spray 0.3% H_3BO_3	34.2	15.8	19.9	67.5	34.4	(190)
5. Soil H_3BO_3 40g/tree+Spray 0.3% H_3BO_3	57.9	45.4	49.1	23.3	43.9	(243)
6. Soil H_3BO_3 40g/tree+Mulch	55.1	35.1	42.3	17.0	37.4	(206)

表5. 施硼處理對缺硼柑園果實產量之影響（67年至69年，kg/株）

Table 5. The effect of boron application to the fruit yields of boron deficient citrus orchard. (1978-1980, kg/tree)

年度 Year \ 處理 Treatment	1. Check	2. Soil H_3BO_3 40 g/tree	3. Soil H_3BO_3 120g/tree	4. Spray 0.3% H_3BO_3	5. Soil H_3BO_3 40g/tree+ Spray 0.3% H_3BO_3	6. Soil H_3BO_3 40g/tree+ Mulch
1978	70.3 (100)	61.3 (87)	63.7 (91)	68.7 (98)	69.1 (98)	62.7 (89)
1979	61.3 (100)	60.1 (98)	63.4 (103)	65.0 (106)	65.2 (106)	64.1 (104)
1980	53.5 (100)	53.1 (99)	52.1 (97)	55.8 (104)	51.4 (96)	50.0 (94)

表6. 施硼處理對果實品質之影響（66年與68年度）

Table 6. The effect of boron application on the fruit quality. (1977 & 1979)

年 Year	處理 Treatment \ 品質 Quality	果重 fruit weight g/fruit	果皮率 percentage of peel weight to fruit weight (%)	果汁率 percentage of juice to fruit weight (%)	pH	糖度 % of sugar content	酸度 citricacid g/100 mljuice
1977	1. Check	181.5	32.4	44.6	3.71	13.7	0.663
	2. Soil H_3BO_3 40g/ tree	167.9	29.4	47.7	3.71	13.0	0.628
	3. Soil H_3BO_3 120g /tre	165.2	31.7	50.1	3.73	12.7	0.663
	4. Spray 0.3% H_3BO_3	162.5	28.9	46.0	3.61	14.2	0.787
	5. Soil H_3BO_3 40g/tre+ Spray 0.3% H_3BO_3	149.8	32.0	49.4	3.68	12.9	0.710
	6. Soil H_3BO_3 40g/tre+ Mulch	162.7	31.2	47.3	3.65	13.4	0.692
1979	1. Check	197.3	25.2	49.6	3.63	11.1	0.677
	2. Soil H_3BO_3 40g/tree	183.9	22.9	52.4	3.64	11.1	0.675
	3. Soil H_3BO_3 120g/tre	195.3	22.4	51.6	3.68	11.1	0.657
	4. Spray 0.3% H_3BO_3	185.2	23.6	45.6	3.65	11.1	0.693
	5. Soil H_3BO_3 40g/tre+ Spray 0.3% H_3BO_3	189.2	23.2	47.6	3.62	11.3	0.713
	6. Soil H_3BO_3 40g/tre+ Mulch	192.9	24.7	49.5	3.67	11.3	0.638

(5,7,10,11,15)。本試驗果園 0—15 cm 之表土僅含熱水可溶性硼 0.15 ppm, 15—30 cm 則僅含0.09ppm，因此乾旱之年缺硼症即發生，而雨量充足之年則否。根據石岡氣象站（較靠近東勢者）65年至69年之雨量資料顯示（自農業氣象旬報整理而得），65年度及66年度乾季期間（10月一4月）之降雨量顯著較其他年度爲低（見表7），自65年10月1日至66年5月10日間僅降雨 135.8 mm。而此期間正値65年度之果實肥大期及66年度之開花著果期，此或者可以用以解釋65年度有缺硼之小果發生，而66年度雖無異常之小果，但對照區之果實產量奇低之原因。據文獻載 (9)，硼素有利於花粉管之發育伸長，又 Batjer 氏 (2) 以 25—125 ppm 硼酸液噴施於梨花，可增加梨之結果率。據此，則66年度之對照區是否因缺硼而影響受粉，致使產量降低？實値進一步探討。

表7. 65年度至69年度乾季期間石岡地區之降雨量

Table 7. Precipitation of the dry season of 1975—1980 at the shihkang area.

期　間 Duration	降雨量 (mm) Precipitation
1975/10/10—1976/4/30	293.8
1976/10/1 —1977/5/10	135.8
1977/10/1 —1978/5/10	571.4
1978/10/1 —1979/5/10	436.2
1979/10/1 —1980/5/10	488.8

二、施硼處理對春梢非結果枝葉片硼含量、果皮硼含量與土壤中熱水可溶性硼含量之影響。

由表8及圖一可見春梢柑葉中之硼含量隨葉齡增加而增加，隨後又稍降。即老葉硼濃度高於新葉，此與 Brodford (3) 等 Embleton (6) 氏所報告者相同。

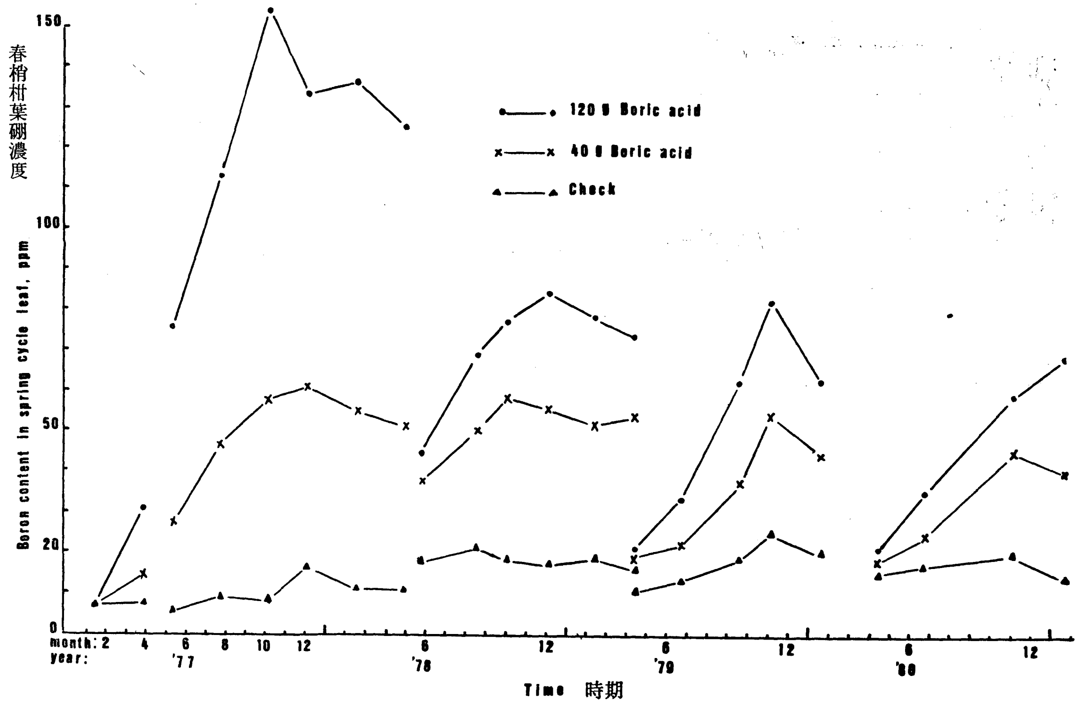
施硼前老葉中之硼含量僅 5—8 ppm，顯示嚴重缺硼。土壤施硼或葉面噴施後兩個月，葉片硼濃度即顯著較對照爲高，66年度萌發之春梢葉片硼濃度，處理間之差異更顯著，對照區在 5—16 ppm間，土施硼酸 120 g/tree 者濃度最高在 76—150 ppm 間，土施 40 g/tree 者在 30—60 ppm 間，土施40克／tree+0.3% 液噴施者在 32—69 ppm 間，覆草則對硼素吸收影響不大。此後土壤施硼處理之葉片硼含量即逐年遞減，但四年內均在標準濃度範圍內。但自67年至70年間，對照區之春梢葉片硼濃度則提高至 10—25 ppm，而果實而未見缺硼症狀。0.3硼酸液葉面噴施之處理（4及5），其葉片硼濃度則逐年提高，因此69年僅噴施一次。葉面噴施之用量爲每3棵樹 10 l，每年噴施兩次，除部分粘著於葉面外，其餘均落至土壤，因此四年內，亦相當於施用 80 g/tree，故而葉片硼含量逐年增加。

表8. 各施硼處理對春梢柑葉硼含量之影響（ppm）。

Table 8. The effect of boron application the boron content in spring cycyle leaves from non-fruiting terminals.

處理 Treatment / 採樣日期 Date of Sampling	1. Check	2. Soil H_3BO_3 40g/tree	3. Soil H_3BO_3 120g/tree	4. Spray 0.3% H_3BO_3	5. Soil H_3BO_3 40g/tree+ Spray 0.3% H_3BO_3	6 Soil H_3BO_3 40g/tree+ mulch
1977/1/14	5	8	6	6	6	8
3/23	7	15	31	37	13	12

5/13	5	27	76	12	32	29
7/24	9	47	113	13	38	45
10/7	8	58	154	12	55	66
12/3	16	61	134	30	69	51
1978/2/18	11	55	137	29	69	63
4/28	11	51	125	21	67	60
5/25	17	37	44	61	65	36
8/18	21	50	64	79	92	46
10/ 2	18	59	77	83	100	50
12/ 4	17	55	84	88	112	57
1979/2/13	19	51	78	74	95	55
4/13	16	54	73	68	93	51
4/13	10	19	21	17	20	18
6/22	13	22	33	62	82	24
9/18	18	37	62	156	167	53
11/3	25	54	82	121	135	51
1980/1/18	20	44	62	83	102	43
4/11	15	18	21	19	24	20
6/20	17	24	35	25	32	22
11/3	20	45	59	69	66	43
1981/1/20	14	40	69	63	59	38



圖一：不同施硼量之春梢柑葉硼濃度之經時變化

Fig. 1. Seasonal changes showing influence of leaf age and boron application rate on the concentrations of boron in leaves from nonfruiting twigs of spring cycle.

（果皮硼含量與反應施硼量）66年度對照區椪柑之果皮硼含量僅 12.0 ppm，桶柑則爲10.6 ppm，其餘各處理則在 15—21 ppm 間。67年度對照區之果皮硼含量已提高爲 14.2 ppm，雖較其他處理（16—2.5 ppm）爲低，但已接近正常數值（如表 9 所示）

表9. 施硼處理對果皮中硼含量之影響（ppm）

Table 9. The effect of boron application on the boron concentration in fruit peel.

年度 Years	品種 Variety	1. Check	2. Soil H_3BO_3 40 g/tree	3. Soil H_3BO_3 120 g/tree	4. Spray 0.3% H_3BO_3	5. Soil H_3BO_3 40g/tree+ Spray 0.3% H_3BO_3	6 Soil H_3BO_3 40 g/tree+ mulch
1977	椪柑	12.0	16.7	20.9	16.6	17.5	18.2
	桶柑	10.6	15.2	21.6	19.6	19.4	19.7
1978	椪柑	14.2	19.0	20.5	20.5	17.7	16.1

表10. 東勢缺硼柑園施硼後土壤熱水可溶性硼含量之經時變化

Table 10. Changes of hot water solube boron content in soils applied with different rates of boric acid.

處理 Treatment / 土壤深度 Depth of soil / 採樣日期 Date of sampling	1. Check			2. Soil H_3BO_3 40g/tree			3. Soil H_3BO_3 120g/tree		
	0—15 cm	15—30 cm	30—50 cm	0—15 cm	15—30 cm	30—50 cm	0—15 cm	15—30 cm	30—50 cm
′77/10/7	0.14	0.08	—	0.48	0.35	—	1.04	0.62	—
′78/5/25	0.15	0.14	—	0.72	0.39	—	1.09	0.62	—
′78/11/11	0.19	0.07	0.10	0.87	0.40	0.29	0.70	0.47	0.53
′79/5/4	0.13	0.04	0.04	0.39	0.28	0.28	0.66	0.37	0.35
′79/11/21	0.14	0.07	0.11	0.31	0.22	0.25	0.53	0.33	0.41
′80/11/3	0.13	0.09	0.09	0.25	0.20	0.32	0.32	0.31	0.31

土壤中熱水可溶性硼含量，如表 10 所示，對照區之表土四年內均在 0.15 ppm 左右，底土則在 0.10 ppm 左右。土壤施硼酸 40 g/tree，使表土提高至 0.50 ppm，然後逐年降低至 0.25 ppm。（67 年度高至 0.87 ppm，可能係採樣誤差）土施硼酸 120 g/tree，則使表土提高至 1.1 ppm，而後逐年降至 0.3 ppm。由施硼區不同深度土壤含量來看，硼酸有自表土向底土移動之趨勢。Baker 等氏[1] 於砂質壤土至坋質壤土施硼 2—10 lb/acre，則其殘效可維 5 年之久。Wilson [14] 等氏於 Cecrl Clay（CEC 7.2—5.3）及 Norfolk sandy loam（CEC 3.6—4.7），施用硼砂 40 lb/acre，則 6 個月後，在粘土則大部分硼素均殘留於20公分深表土內；在砂質壤土則表土內很少，大部分均移動至較深之土層內。在本試驗園，則施硼之殘效至少可維持四年以上。

三、春梢非結果枝葉片中大量要素含量之經時變化。

施硼處理僅對大量要素中之磷素含量有顯著影響，此一效應，僅在施用當年有顯著效果，在66年 5 月、7 月、10月及12月所採樣品中，均顯出葉片中磷濃度與硼濃度有顯著負相關，限於篇幅，表11僅列出10月分之結果，此時葉片中之硼濃度亦達最高峰，兩著之相關係數達−0.809。

表11. 施硼處理對春梢非結果枝柑葉大量要素含量之影響。(% dry weight, 採自66年10月7日)

Table 11. The effect of boron application on the macro-element contents of spring cycle leaves from non-fruiting terminals sampled on 7th, October, 1977.

處理 Treatment	N	P	K	Ca	Mg	B
1. Check	3.42	0.136	0.774	3.63	0.218	8.0
2. Soil H_3BO_3 40g/tree	3.28	0.128	0.784	3.77	0.273	58.0
3. Soil H_3BO_3 120g/tree	3.42	0.106	0.711	3.95	0.251	154.0
4. Spray 0.3% H_3BO_3	3.34	0.130	0.938	3.45	0.231	12.4
5. Soil H_3BO_3 40g/tree+Spray 0.3% H_3BO_3	3.36	0.096	0.719	3.63	0.296	55.5
6 Soil H_3BO_3 40 g/tree+mulch	3.55	0.096	0.805	3.78	0.268	66.0

Smith & Reuther [13] 在 Valancia 之砂耕試驗中亦有相同之結果。施硼處理對其他要素及其他年度之磷濃度均無顯著影響,因此表12僅列出六處理之平均值。由表中可見葉片氮、磷、鉀及鎂含量隨葉齡增加而降低;鈣含量則反是,以老葉較高,此與一般研究結果相同 [6] 。

表12. 春梢(非結果枝)柑葉之大量要素含量之經時變化

Table 12. Seasonal changes showing influence of leafage on the concentrations of macro elements in leaves from nonfruiting terminals of spring cycle.

要素 Denants / 採樣日期 Date of sampling	N	P	K	Ca	Mg
	%				
1977/ 1/14	2.89	0.103	0.758	3.16	0.220
3/28	2.69	0.111	0.787	3.44	0.322
5/13	2.93	0.148	1.252	1.83	0.276
7/24	3.21	0.125	0.770	3.49	0.329
10/ 7	3.40	0.115	0.918	3.70	0.256
12/ 3	3.02	0.082	0.769	3.63	0.275
1978/ 2/18	2.91	0.104	0.883	3.32	0.258
4/28	2.84	0.091	0.750	3.83	0.231
5/25	3.39	0.155	1.673	2.14	0.296
8/18	3.38	0.123	1.124	2.63	0.245
10/ 2	3.34	0.129	1.011	2.99	0.238
12/ 4	3.21	0.112	1.133	2.68	0.278
1979/ 2/13	2.95	0.109	1.067	2.91	0.224
4/13	2.99	0.090	0.891	3.55	0.198

4/13	2.92	0.170	1.418	1.25	0.204
6/22	3.28	0.149	1.458	2.20	0.243
9/18	3.29	0.140	0.959	3.05	0.284
11/ 3	3.01	0.116	1.021	2.96	0.235
1980/ 1/18	3.17	0.121	1.188	3.00	0.263
4/11	2.85	0.159	1.538	1.37	0.219
6/20	3.38	0.132	1.370	2.55	0.254
11/ 3	2.89	0.117	1.097	3.38	0.236
1981/ 1/20	2.67	0.105	1.213	2.98	0.234

結　論：

綜合上述結果可知，在土壤熱水可溶性硼含量低之椪柑與桶柑園（0—15 cm 含 0.15 ppm, 15—30 cm 含 0.10 ppm），當乾旱之年缺硼症即發生，其葉片及果皮中之硼濃度均在 10 ppm 左右。但雨量充足之年則無缺硼症發生，其八月份所採之春梢無結果枝葉片之硼含量仍低在 20 ppm 左右，果皮含硼 14 ppm 左右。若於果實肥大期缺硼，則異常之石頭柑發生；若於春梢萌發至開花結果期缺硼，則結果量低。

春梢非結果枝葉片中之硼含量隨葉齡增加而增加，即老葉中之硼含量高於新葉。但缺硼之柑樹，無論新葉或老葉硼含量均低。

在10年生，中細質地土壤之缺硼柑園，於樹冠下之土壤表面撒施 40—120 g/tree 之硼酸，可安全矯正缺硼症，且其殘效可維持四年以上，四年內葉片硼含量均在 25—150 ppm 之正常範圍內。硼酸施用之當年，葉片磷濃度隨硼酸施用量之增加而降低，兩者之負相關顯著。故於類似本試驗園條件之缺硼柑園，宜施 50 g／株之硼酸以防治缺硼，且一次施用四年內不宜再施。但此一用量應視樹齡、土壤質地而調整。

每年於葉面噴施兩次 0.3% 硼酸液，則葉片中硼濃度逐年增加，第三年之 8 月即高達 150 ppm，故葉面噴施不宜連年施行。

土壤撒施硼酸 400—120 g／株，提高土壤中之熱水可溶性硼含量及葉片與果皮中硼含量，且其濃度均反應施硼量。所施之硼酸有自表土向底土移動之趨勢。

在安全濃度範圍內，施硼量對於果實產量、品質、與大量要素含量（磷除外）均無顯著影響。

引 用 文 獻

1. Baker, A. S. and W. P. Mortensen. 1966. Residual effect of single borate applications 7 on western Washinton soils. Soil Sci. 102 : 173-179.

2. Batjer, L. P. and A. H. Thompson. 1949. Effect of boric acid sprays applied during bloom upon the set of pear fruits. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 53 : 141-142.

3. Bradford, G. R. and R. B. Harding. 1957. A survey of microelements in leaves of forty-three high-producing orange orchards in southern California. Amer. Soc. for Hort. Sci. 70 : 252-256.

4. Brown, B. A., R. I. Munsell, and A. V. King. 1945. Potassium and boron fertilization of alfafa on a few Connecticut soils. S. S. S. A. P. 10 : 134-140.

5. Chapman, H. D.. 1966. "Diagnostic Criteria for Plants and Soils" University of California, Devision

of Agricultura Science. pp. 793.

6. Embleton, T. W., W. W. Jones, C. K. Labanauskas, and W. Reuther. 1973. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. in "The Citrus Industry" 3rd ed. chap 6. p. 184-210, edited by W. Reuther.
7. Hobbs, J. A., and B. R. Bertamson. 1949. Boron uptake by plants as influenced by soil moisture. S. S. S. A. P. 14 : 257-261.
8. Jackson, M. L. 1958. Boron determinations for soils and plant tissue. in "Soil Analysis", Chap. 14. Prentice-Hall INC, U. S. A.
9. Johri, B. M. and I. K. Vasil. 1961. Physiology of pollon. Botanical Rev. 27 : 325-381.
10. Mengel, D. K. and E. A. Kirkby. 1978. "Principles of Plant Nutrition", Chap. 18, Boron. P. 483-491, International Potash Institute.
11. Sato, K., H. Tokiwa, K. Furui, and T. Kawakatsu. 1960. Boron deficiency in chinese cabage. J. Horticultural association of Japan 29 : 53-59.
12. Shorrocks, V. M. Boron deficiency-its prevention and cure. Bullen of Technical Service & Development Department of Borax Consolidated Limited.
13. Smith. P, F. and W. Reuther. 1951. The response of young valencia orange trees to differential boron supply in sand culture. Plant Physiol. 26 : 110-114.
14. Wilson, C. M. R. L. Lovvorn, and W. W. Woodhouse. JR. 1951. Movement and accumulation of water-soluble boron within the soil profile. Agron. J. 43 : 363-367.
15. Winsor, H. W. 1952. Variations in soil boron with cultivation and season. Soil Sci. 74 : 359-364.
16. Yoshtda, S., D. A. Forno, J. H. Cock, K. A. Gomez. 1972. "Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice" 2nd ed, IRRI.

A Study on Diagnosis and Correction of Boron Deficiency in the Citrus Orchard[1]

C. F. Chiu[2] and S. S. Chang[3]

Summary

Abnormal fruit of ponkang and tungkang in Tunghsi orchard were investigated in October, 1976, showing smaller size, thicker peel, less juicy and much harder than that of normal fruits. The leaf and peel B content were about 10 ppm which were much lower than the normal range of boron content (B 25—150 ppm) as indicated by the Chapman's standard. The cause of the abnormal fruits was expected to be boron deficiency. Therefore, a field experiment was layed out in order to clarify the effect and method of boron application with the following treatments : (1) Control, no boron applicated, (2) Boric acid 40 g/tree, by soil application, (3) Boric acid 120 g/tree, by soil application, (4) 0.3% boric acid solution, by foliar spray twice a year, (5) Boric acid 40g/tree plus foliar spray, (6) Boric acid 40 g/tree plus straw mulching. The leaf and soil boron contents with seasonal sampling were analyzed. The experimental results obtained were summarized as follows.

1. The hot water soluble B contents in the experimental field were low, that is, 0.15 ppm in surface soil (0—15cm) and 0.10ppm in subsoil (15—30 cm). The leaf and peel B contents were about 10ppm when the boron deficiency of citrus occurred in the dry year. It was 20ppm in leaves and 14ppm in peels when the precipitation was abundant during the year and no occurrence of boron deficiency was observed.

2. The B con tent in leaves from nonfruiting twigs of spring cycle increased with leaf age, that is, the B content was higher in old leaves than in young leaves. However, the B content was always low either in old leaves or in young leaves when boron was deficient in citrus trees.

3. Soil application of boric acid 40—120g/tree on citrus orchard with medium textured soil and 10-year-old trees was effective for correction of boron deficiency and its residual effect was maintained for more than 4 years. It was found that the P content in leaves decreased as the application amount of boric acid was increased. There was a significant negative correlation between the P and B content in leaves in the year of boric acid application. Boric acid 50 g/tree by soil application every four years was recommended for boron deficient orchards under the same soil conditions.

4. Foliar spray of 0.3% boric acid solution was also effective, however, considerable amount of boron were accumulated in the soil which was fallen from the continuous yearly-spray of boron. So, it is suggested that the foliar spray should not be done every year.

1. Contribution No. 1093 from Taiwan Agricultural Researc Instituteh.

2. Director of Taiwan Tea Experiment Station, Yangmei ; Taoyuan, Taiwan, ROC.

3. Asistant soil Scientist, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.